



IMPLEMENTASI METODE FUZZY TSUKAMOTO UNTUK MEMPREDIKSI BESARNYA PEMAKAIAN LISTRIK RUMAH TANGGA

Haan Sujabtri Kabau^{*1}, Firman Tempola², Achmad Fuad³, Rosihan⁴, Salkin Lutfi⁵

Email: ¹ haankabau15@gmail.com, ² firman.tempola@unkhair.ac.id, ³ f_ass@unkhair.ac.id, ⁴ Rosihan@unkhair.ac.id,

⁵ salkin.lutif@unkhair.ac.id

^{1,2,3,4,5}Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Khairun (10pt)

Diterima: 25 Januari 2024 | Direvisi: - | Disetujui: 28 April 2024

©2020 Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer,
Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia

Abstrak

Banyak masyarakat yang masih bingung dalam mengorder besar tegangan untuk pemakaian listrik rumah yang baru dibangun, sehingga untuk rumah tangga yang tadinya membutuhkan tegangan 900 VA sudah cukup tetapi yang dipakai 1300 VA begitu juga sebaliknya jika pemakain besar tegangan 900 VA tidak sesuai dengan banyaknya kebutuhan pelanggan maka akan mengalami gangguan keterseimbangan antara besar tegangan pemakaian dan kebutuhan pelanggan, tetapi dengan penerapan metode fuzzy hal ini dapat diprediksi. Tujuan dari penelitian ini yaitu memprediksi besar tegangan pemakaian listrik rumah tangga dengan menggunakan metode fuzzy tsukamoto. Metode ini dipilih karena sifatnya yang fleksibel, dan memiliki toleransi pada sebuah data yang ada dan juga memiliki kelebihan yaitu lebih cepat dalam melakukan komputasi, lebih intuitif, dan juga menghasilkan nilai prediksi yang akurat. Hasil dari implementasi metode fuzzy tsukamoto diuji tingkat akurasi menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Pengujian pertama menggunakan 20 data yang digunakan sebagai data uji dan pengujian kedua digunakan 30 data uji, sehingga didapatkan hasil dari pengujian pertama yaitu 8,35% dan pengujian kedua yaitu 11,77%. Berdasarkan tabel nilai kemampuan model peramalan metode MAPE maka hasil dari implementasi metode fuzzy tsukamoto dapat digunakan dalam memprediksi besar pemakaian listrik rumah tangga dengan nilai *percentage* < 20% adalah kemampuan model peramalan baik.

Kata kunci: *fuzzy tsukamoto, Listrik rumah tangga, MAPE*

Implementation of the fuzzy tsukamoto method to predict the amount of household electricity usage

Abstract

Many people are still confused about ordering the voltage level for electricity use in newly built homes, so that for households that previously needed a voltage of 900 VA, it was sufficient but used 1300 VA and vice versa, if the use of a large voltage of 900 VA is not in accordance with the number of customers' needs, then there will be a disturbance in the balance between the amount of voltage used and customer needs, but by applying the fuzzy method this can be predicted. The aim of this research is to predict the voltage of household electricity usage using the fuzzy Tsukamoto method. This method was chosen because it is flexible, and has tolerance for existing data and also has the advantages of being faster in computing, more intuitive, and also produces accurate prediction values. The results of implementing the fuzzy Tsukamoto method were tested for accuracy using the *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) method. The first test used 20 data as test data and the second test used 30 test data, so that the results obtained from the first test were 8.35% and the second test was 11.77%. Based on the table of capability values of the MAPE method forecasting model, the results of implementing the fuzzy Tsukamoto method can be used to predict the amount of household electricity usage with a *percentage* value < 20%, which is a good forecasting model capability.

Keywords: *fuzzy tsukomoto, Household electricity, MAPE*

1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang sangat penting dalam kehidupan masyarakat dan juga sebagai salah satu sumber teknologi yang paling utama yang dibutuhkan dalam suatu kegiatan untuk kemajuan teknologi, sehingga masyarakat tidak bisa lepas dari penggunaan akan energi listrik. Di Indonesia penggunaan Listrik rumah tangga mengalami peningkatan dari tahun ke tahun [1]. Banyak masyarakat yang masih bingung dalam memesan besar tegangan untuk pemakaian listrik rumah yang baru dibangun, sehingga untuk rumah tangga yang tadinya membutuhkan tegangan 900 VA sudah cukup tetapi yang dipakai 1300 VA begitu juga sebaliknya jika pemakain besar tegangan 900 VA tidak sesuai dengan banyaknya kebutuhan pelanggan maka akan mengalami gangguan keterseimbangan antara besar tegangan pemakaian dan kebutuhan pelanggan, tetapi dalam penerapan metode fuzzy hal ini mungkin dapat diprediksi.

Beberapa penelitian terkait dengan Listrik rumah tangga pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, sebagaimana dilakukan oleh [2] dengan menerapkan metode C4.5, output penelitian lebih kepada klasifikasi. [3] melakukan survey terkait penggunaan Listrik pada apartemen di Bandung. Kemudian [4] membandingkan konsumsi Listrik rumah tangga antara Bandung dan Jakarta. Sedangkan pada penelitian akan memprediksi besarnya pemakaian Listrik rumah tangga.

Perkembangan dunia teknologi saat ini sangat berkembang pesat terutama dalam bidang ilmu teknologi yang memudahkan manusia dalam berbagai hal. Penggunaan fuzzy logic pada berbagai macam persoalan telah dilakukan oleh beberapa peneliti [5]-[8]. Kemudian penggunaan logika fuzzy untuk prediksi listrik rumah tangga juga pernah dilakukan oleh [9] namun fuzzy logic yang digunakan yaitu fuzzy mamdani. Pada penelitian fuzzy logic yang digunakan yaitu fuzzy tsukomoto. Penggunaan fuzzy tsukomoto pernah dilakukan pada monitoring air untuk layak konsumsi [10]

Metode Fuzzy Tsukamoto merupakan sebuah metode yang mengarah pada aturan IF-THEN sehingga dapat dipresentasikan ke dalam himpunan Fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Metode ini dipilih karena sifatnya yang fleksibel, dan memiliki toleransi pada sebuah data yang ada dan juga memiliki kelebihan yaitu lebih cepat dalam melakukan komputasi, lebih intuitif, dan juga menghasilkan nilai prediksi yang akurat..

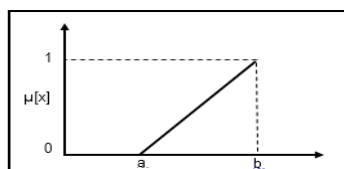
2. METODE PENELITIAN

Konsep logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Professor Lotti A. Zadeh dari Universitas *California* tahun 1965. Logika *fuzzy* merupakan generalisasi dari logika klasik (*crisp set*) yang hanya memiliki dua nilai keanggotaan yaitu 0 dan 1. Dalam logika *fuzzy* nilai kebenaran suatu pernyataan berkisar dari sepenuhnya benar sampai dengan sepenuhnya salah. *Fuzzy logic* berhubungan dengan ketidakpastian yang telah menjadi sifat alamiah manusia, mensimulasikan proses pertimbangan normal manusia dengan jalan memungkinkan komputer untuk berperilaku sedikit lebih seksama dan logis daripada yang dibutuhkan metode komputer konvensional. Pemikiran di balik pendekatan ini adalah pengambilan keputusan tidak sekadar persoalan hitam dan putih atau benar dan salah, namun kerap kali melibatkan area abu-abu, dan hal itu dimungkinkan [11].

2.1 Fungsi Keanggotaan

Salah satu representasi fungsi keanggotaan dalam *fuzzy* yang akan dipakai adalah representasi *linier*. Pada representasi linier, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada dua keadaan himpunan *fuzzy* yang *linier*. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai *domain* yang memiliki derajat keanggotaan nol bergerak ke kanan menuju ke nilai *domain* yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih tinggi.

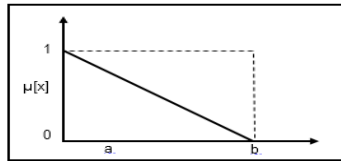
Fungsi keanggotaan *linier* naik:



Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{jika } a < x < b \\ 1 & \text{jika } x \geq b \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan linier turun:



Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a} & \text{jika } a < x < b \\ 0 & \text{jika } x \geq b \end{cases}$$

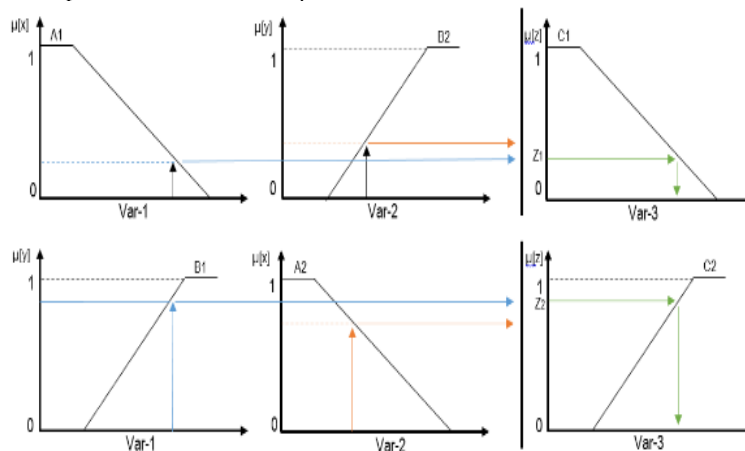
2.2 Fuzzy Inference System (FIS) Tsukamoto

Sistem inferensi fuzzy menerima *input crisp*. *Input* ini kemudian dikirim ke basis pengetahuan yang berisi *n* aturan fuzzy dalam bentuk *IF-THEN*. Fire strength (nilai keanggotaan anteseden atau (α)) akan dicari pada setiap aturan. Apabila aturan lebih dari satu, maka akan dilakukan agregasi semua aturan. Selanjutnya pada hasil agregasi akan dilakukan *defuzzy* untuk mendapatkan nilai crisp sebagai *output* sistem. Salah satu metode FIS yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan adalah metode Tsukamoto. Pada metode Tsukamoto, implikasi setiap aturan berbentuk implikasi “Sebab-Akibat”/Implikasi “Input-Output” dimana antara anteseden dan konsekuensi harus ada hubungannya. Setiap aturan direpresentasikan menggunakan himpunan-himpunan fuzzy, dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Kemudian untuk menentukan hasil tegas (*crisp solution*) digunakan rumus penegasan (*defuzifikasi*) yang disebut *center average defuzzify* (CAD) [2].

[R1] IF (*x* is A1) and (*y* is B2) THEN (*z* is C1)

[R2] IF (*x* is A2) and (*y* is B1) THEN (*z* is C2)

Pertama-tama dicari fungsi keanggotaan dari masing-masing himpunan fuzzy dari setiap aturan kemudian sesuai aturan-aturan yang telah dibentuk dimasukan nilai fungsi keanggotaan dari masing-masing himpunan, yaitu himpunan A1, B2 dan C1 dari aturan fuzzy [R1] dan himpunan A2, B1 dan C2 dari aturan fuzzy [R2]. Aturan fuzzy R1 dan R2 dapat direpresentasikan dalam aturan-aturan untuk mendapatkan suatu nilai *crisp Z* [2].



2.3 Analisis Pengujian

Untuk melakukan pengujian tingkat akurasi dari hasil implementasi fuzzy tsukamoto untuk memprediksi besar rumah tangga maka digunakan metode Mean Absolut Percentage error (MAPE) adalah persentase kesalahan rata-rata secara multak.(absolut). Pengertian MAPE adalah Pengukuran statistik tentang akurasi perkiraan (prediksi) pada metode peramalan. Pengukuran dengan menggunakan MAPE dapat digunakan oleh masyarakat luas karena MAPE mudah difahami dan diterapkan dalam memprediksi akurasi peramalan. MAPE memberikan informasi seberapa besar kesalahan peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya dari series tersebut. Semakin kecil nilai presentasi kesalahan (percentage error) pada MAPE maka semakin akurat hasil peramalan tersebut. Untuk mendapatkan nilai MAPE digunakan Persamaan 1.

$$MAPE = \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{\hat{y}_t} \right| \times 100\%$$

Keterangan:

MAPE = mean absolute percentage error

n = jumlah data

y = nilai hasil aktual

$\hat{y}$ = nilai hasil pendugaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada implementasi metode *fuzzy tsukamoto* untuk memprediksi besar pemakaian listrik rumah tangga di butuhkan parameter yaitu besar tegangan listrik, jumlah anggota keluarga, jumlah peralatan elektronik, jumlah titik lampu dan lama waktu dirumah. Ada juga tahapan – tahapan yang telah dibahas di bab 3 terkait tahapan dalam implementasi metode *fuzzy tsukamoto* dengan contoh data, diantaranya penentuan variabel *input* dan *output*, pembentukan himpunan *fuzzy*, Inferensi dan *defuzzifikasi*.

1. Variabel *Input* dan *Output*

Untuk proses perhitungan metode *fuzzy tsukamoto* langkah pertama yaitu menentukan variabel *input* dari data yang diambil yaitu jumlah peralatan elektronik, jumlah titik lampu, lama waktu dirumah dan *output*-nya yaitu besar tegangan pemakaian listrik.

Tabel 1. Variabel *Input*

NO	Variabel <i>Input</i>
1	Jumlah Peralatan Elektronik
2	Jumlah Titik Lampu
3	Lama Waktu Dirumah

Tabel 4.1 Variabel *Output*

NO	Variabel <i>Output</i>
1	Besar Tegangan pemakaian

2. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Pembentukan himpunan *fuzzy* dibentuk untuk setiap variabel yang digunakan. Pada pembentukan himpunan *fuzzy* terdapat grafik dari fungsi keanggotaan dari setiap himpunan *fuzzy* yang di bentuk. Adapun himpunan dan grafik fungsi keanggotaan *fuzzy tsukamoto* yang terbentuk dari setiap variabel adalah sebagai berikut:

1. Jumlah Peralatan Elektronik

Tabel 2. Himpunan *Fuzzy* Variabel Jumlah Peralatan Elektronik

Variabel	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Nilai
Jumlah Peralatan Elektronik	Sedikit	2 Unit
	Sedang	10 Unit
	Banyak	19 Unit

Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki nilai derajat keanggotaan 2 bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih tinggi yaitu 10 dan bergerak ke derajat keanggotaan tertinggi yaitu 19, sebagai berikut:

$$\mu[\text{JPE_sedikit}] = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \leq 2 \\ \frac{10-x}{8} & \text{jika } 2 < x < 10 \\ 0 & \text{jika } x \geq 10 \end{cases}$$

$$\mu[\text{JPE_sedang}] = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 2 \text{ atau } x \geq 19 \\ \frac{x-2}{8} & \text{jika } 2 < x < 10 \\ \frac{19-x}{9} & \text{jika } 10 < x < 19 \end{cases}$$

$$\mu[\text{JPE_Banyak}] = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 10 \\ \frac{x-10}{9} & \text{jika } 10 < x < 19 \\ 1 & \text{jika } x \geq 19 \end{cases}$$

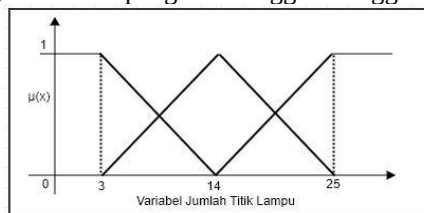
2. Jumlah Titik Lampu

Tabel pembentukan himpunan *fuzzy* untuk variabel Jumlah titik lampu dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Himpunan *Fuzzy* Variabel Jumlah Titik Lampu

Variabel	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Nilai
Jumlah Titik Lampu	Sedikit	3 Unit
	Sedang	14 Unit
	Banyak	25 Unit

Dari pembentukan himpunan *fuzzy* maka didapat grafik fungsi keanggotaan dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1 Representasi *Linier* Fungsi Keanggotaan Jumlah Titik Lampu

Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki nilai derajat ke anggotaan 3 bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih tinggi yaitu 14 dan bergerak ke derajat keanggotaan tertinggi yaitu 25, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mu[\text{JTL_sedikit}] &= \begin{cases} 1 & \text{jika } x \leq 3 \\ \frac{14-x}{7} & \text{jika } 3 < x < 14 \\ 0 & \text{jika } x \geq 14 \end{cases} \\ \mu[\text{JTL_sedang}] &= \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 3 \text{ atau } x \geq 25 \\ \frac{x-3}{7} & \text{jika } 3 < x < 14 \\ \frac{25-x}{11} & \text{jika } 15 < x < 25 \\ \frac{11}{11} & \text{jika } 15 < x < 25 \end{cases} \\ \mu[\text{JTL_Banyak}] &= \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 14 \\ \frac{x-14}{11} & \text{jika } 14 < x < 25 \\ 1 & \text{jika } x \geq 25 \end{cases} \end{aligned}$$

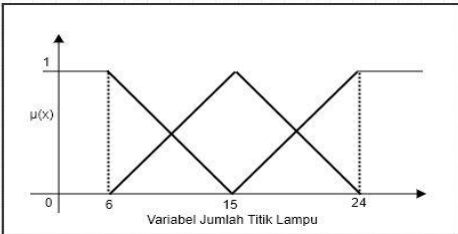
3. Lama Waktu Dirumah

Tabel pembentukan himpunan fuzzy untuk variabel Lama Waktu Dirumah dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Himpunan Fuzzy Variabel Lama Waktu Dirumah

Variabel	Himpunan Fuzzy	Nilai
Lama Waktu Dirumah	Tidak Lama	6 Jam
	Sedang	15 Jam
	Lama	24 Jam

Dari pembentukan himpunan fuzzy maka didapat grafik fungsi keanggotaan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Representasi Linier Fungsi Keanggotaan Lama Waktu Dirumah

Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki nilai derajat ke anggotaan 6 bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih tinggi yaitu 15 dan bergerak ke derajat keanggotaan tertinggi yaitu 24, sebagai berikut:

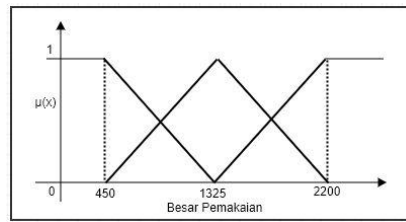
$$\begin{aligned} \mu[\text{LWD_tidak_lama}] &= \begin{cases} 1 & \text{jika } x \leq 6 \\ \frac{15-x}{9} & \text{jika } 6 < x < 15 \\ 0 & \text{jika } x \geq 15 \end{cases} \\ \mu[\text{LWD_sedang}] &= \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 6 \text{ atau } x \geq 24 \\ \frac{x-6}{9} & \text{jika } 6 < x < 15 \\ \frac{24-x}{9} & \text{jika } 15 < x < 24 \end{cases} \\ \mu[\text{LWD_lama}] &= \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 15 \\ \frac{x-15}{9} & \text{jika } 15 < x < 24 \\ 1 & \text{jika } x \geq 24 \end{cases} \end{aligned}$$

Himpunan Variabel Output Besar Tegangan Pemakaian dalam pembentukan himpunan fuzzy untuk mencari nilai tengah pada interval [450,2200] adalah $450 + \frac{2200-450}{2} = 1325$, sehingga nari dari himpunan fuzzy besar tegangan untuk katagori sedang yaitu 1325, dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Himpunan Fuzzy Variabel Besar Tegangan

Variabel	Himpunan Fuzzy	Nilai
Besar Tegangan	Rendah	450 VA
	Sedang	1325 VA
	Tinggi	2200

Dari pembentukan himpunan fuzzy maka didapat grafik fungsi keanggotaan dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 3. Representasi Linier Fungsi Keanggotaan Besar Tegangan

Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki nilai derajat keanggotaan 450 bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih tinggi yaitu 1325 dan bergerak ke derajat keanggotaan tertinggi yaitu 2200, sebagai berikut:

$$\mu[\text{Besar_pemakaian_rendah}] = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \leq 450 \\ \frac{1325-x}{875} & \text{jika } 450 < x < 1325 \\ 0 & \text{jika } x \geq 1325 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Besar_pemakaian_sedang}] = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 450 \text{ atau } x \geq 2200 \\ \frac{x-450}{875} & \text{jika } 450 < x < 1325 \\ \frac{2200-x}{875} & \text{jika } 1325 < x < 2200 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Besar_pemakaian_tinggi}] = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 1325 \\ \frac{x-1325}{875} & \text{jika } 1325 < x < 2200 \\ 1 & \text{jika } x \geq 2200 \end{cases}$$

3. Inferensi

Inferensi adalah proses penggabungan banyak aturan berdasarkan data yang tersedia, bisa dikatakan bahwa pada proses inferensi yang penulis lakukan yaitu menentukan *rules* (aturan) yang dimana kemungkinan-kemungkinan yang akan terjadi dalam memprediksi besar pemakaian listrik rumah tangga.

Tabel 6. Rules Besar Pemakaian Listrik

Rules	IF			THEN
	JPE	JTL	LWD	Besar Tegangan
R1	Sedikit	Sedikit	Tidak Lama	Rendah
R2	Sedikit	Sedikit	Sedang	Rendah
R3	Sedikit	Sedikit	Lama	Rendah
R4	Sedikit	Sedang	Tidak lama	Rendah
R5	Sedikit	Sedang	Sedang	Sedang
R6	Sedikit	Sedang	Lama	Sedang
R7	Sedikit	Banyak	Tidak lama	Rendah
R8	Sedikit	Banyak	Sedang	Sedang
R9	Sedikit	Banyak	Lama	Sedang
R10	Sedang	Sedikit	Tidak lama	Rendah
R11	Sedang	Sedikit	Sedang	Sedang
R12	Sedang	Sedikit	Lama	Sedang
R13	Sedang	Sedang	Tidak lama	Sedang
R14	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
R15	Sedang	Sedang	Lama	Sedang
R16	Sedang	Banyak	Tidak lama	Sedang
R17	Sedang	Banyak	Sedang	Sedang
R18	Sedang	Banyak	Lama	Tinggi
R19	Banyak	Sedikit	Tidak lama	Sedang
R20	Banyak	Sedikit	Sedang	Sedang
R21	Banyak	Sedikit	Lama	Tinggi
R22	Banyak	Sedang	Tidak lama	Sedang
R23	Banyak	Sedang	Sedang	Tinggi
R24	Banyak	Sedang	Lama	Tinggi
R25	Banyak	Banyak	Tidak lama	Tinggi
R26	Banyak	Banyak	Sedang	Tinggi
R27	Banyak	Banyak	Lama	Tinggi

4. Hasil Fungsi keanggotaan

Dari tiga data yang dijadikan sebagai data uji maka didapatkan nilai dari fungsi keanggotaan sebagai berikut:

1. Data Uji Pertama

No	Nama Variabel	Himpunan Fuzzy	Nilai Fungsi Keanggotaan
1	Jumlah Peralatan Elektronik	Sedikit	0,75
		Sedang	0,25
		Banyak	0
2	Jumlah Titik Lampu	Sedikit	0,82
		Sedang	0,18
		Banyak	0

2. Data Uji Kedua

3	Lama Waktu Dirumah	Sedikit	0
		Sedang	0
		Banyak	1

No	Nama Variabel	Himpunan Fuzzy	Nilai Fungsi Keanggotaan
1	Jumlah Peralatan Elektronik	Sedikit	0,62
		Sedang	0,37
		Banyak	0
2	Jumlah Titik Lampu	Sedikit	0,91
		Sedang	0,09
		Banyak	0
3	Lama Waktu Dirumah	Tidak Lama	0
		Sedang	0
		Lama	1

3. Data Uji Ketiga

No	Nama Variabel	Himpunan Fuzzy	Nilai Fungsi Keanggotaan
1	Jumlah Peralatan Elektronik	Sedikit	0
		Sedang	0,77
		Banyak	0
2	Jumlah Titik Lampu	Sedikit	0,09
		Sedang	0,91
		Banyak	0
3	Lama Waktu Dirumah	Sedikit	0
		Sedang	0
		Banyak	1

5. Komposisi kedalam Aturan

Setelah di dapat nilai dari masing-masing fungsi keanggotaan maka dikomposisi kedalam aturan pada tabel 4.12 yang telah dibuat sesuai rumus (2.3). karena pada metode *fuzzy tsukamoto* operasi himpunan yang digunakan adalah konjungsi (AND) maka akan digunakan rumus (2.4) dalam menentukan nilai α -predikat dan nilai Z (nilai perkiraan) sehingga diperoleh nilai seperti pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Komposisi Kedalam Aturan

Data Uji Pertama			Data Uji Kedua			Data Uji Ketiga		
R	α_n	Z _n	R	α_n	Z	R	α_n	Z
R1	0	1325	R1	0	1325	R1	0	1325
R2	0	1325	R2	0	1325	R2	0	1325
R3	0,75	668,75	R3	0,62	778,12	R3	0	1325
R4	0	1325	R4	0	1325	R4	0	1325
R5	0	450	R5	0	450	R5	0	450
R6	0,18	609,09	R6	0,09	529,55	R6	0	450
R7	0	1325	R7	0	1325	R7	0	1325
R8	0	450	R8	0	450	R8	0	450
R9	0	1325	R9	0	1325	R9	0	1325
R10	0	1325	R10	0	1325	R10	0	1325
R11	0	450	R11	0	450	R11	0	450
R12	0,25	668,75	R12	0,38	778,12	R12	0,09	529,55
R13	0	450	R13	0	450	R13	0	450
R14	0	450	R14	0	450	R14	0	450
R15	0,18	609,09	R15	0,09	529,55	R15	0,78	1130,56
R16	0	450	R16	0	450	R16	0	450
R17	0	450	R17	0	450	R17	0	450
R18	0	1325	R18	0	1325	R18	0	1325
R19	0	1325	R19	0	1325	R19	0	1325
R20	0	450	R20	0	450	R20	0	450
R21	0	1325	R21	0	1325	R21	0,09	1404,55
R22	0	450	R22	0	450	R22	0	450
R23	0	450	R23	0	450	R23	0	450
R24	0	1325	R24	0	1325	R24	0,22	1519,44
R25	0	1325	R25	0	1325	R25	0	1325
R26	0	1325	R26	0	1325	R26	0	1325
R27	0	1325	R27	0	1325	R27	0	1325

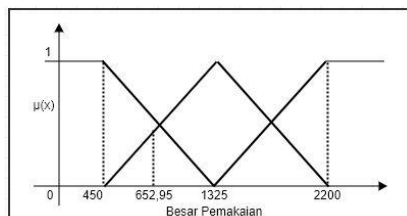
6. Menentukan Output Crips (Defuzzifikasi)

Pada metode *fuzzy tsukamoto* untuk menentukan *output crips* digunakan *defuzzifikasi* rata – rata terpusat.

1. Hasil Data Uji Pertama

$$Z = \frac{0*1325+0*1325+0,75*668,75+0*1325+0*450+0,18*609,09+0*1325+0*450+0*1325+0*1325+0*450+0,25*668,75+0*450+0*450+0,18*609,09+0*450+0*450+0*1325+0*1325+0*450+0*1325+0*450+0*1325+0*1325+0*1325}{0+0+0,75+0+0+0,18+0+0+0+0+0+0,25+0+0+0,18+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0} = \frac{88,0224}{1,36} = 652,9576$$

Jadi besar pemakaian listrik dari variabel yang telah ditentukan maka didapatkan hasilnya 652,95 yang tergolong pemakaian listrik yang rendah, maka dapat dilihat grafik fungsi keanggotaannya pada gambar 4.

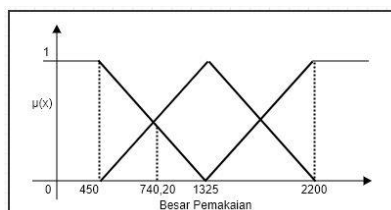


Gambar 4. Representasi *Linier Output Crips* Data Uji Pertama

2. Hasil Data Uji Kedua

$$Z = \frac{0*1325+0*1325+0,62*778,12+0*1325+0*450+0,09*529,55+0*1325+0*450+0*1325+0*1325+0*450+0,38*778,12+0*450+0*450+0,09*529,55+0*450+0*450+0*1325+0*1325+0*450+0*1325+0*1325+0*1325+0*1325}{0+0+0,62+0+0+0,09+0+0+0+0+0,38+0+0+0,09+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0} = \frac{873,439}{1,18} = 740,2025$$

Jadi besar pemakaian listrik dari variabel yang telah ditentukan maka didapatkan hasilnya 740,20 yang tergolong pemakaian listrik yang tinggi, maka dapat dilihat grafik fungsi keanggotaannya pada gambar 5.

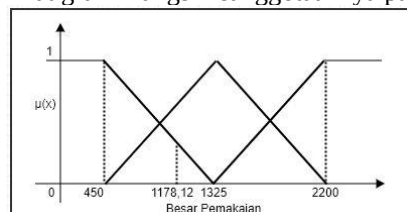


Gambar 5. Representasi *Linier Output Crips* Data Uji Kedua

3. Hasil Data Uji Ketiga

$$Z = \frac{0*1325+0*1325+0*1325+0*1325+0*450+0*450+0*1325+0*450+0*1325+0*1325+0*450+0,09*529,55+0*450+0*450+0,78*1130,56+0*450+0*450+0*1325+0*1325+0*450+0,09*1404,55+0*450+0,22*1519,44+0*1325+0*1325+0*1325}{0+0+0,62+0+0+0,09+0+0+0+0+0,38+0+0+0+0+0+0,09+0+0+0+0+0+0+0+0+0} = \frac{1390,163}{1,18} = 1178,121$$

Jadi besar pemakaian listrik dari variabel yang telah ditentukan maka didapatkan hasilnya 1178,12 yang tergolong pemakaian listrik yang tinggi, maka dapat dilihat grafik fungsi keanggotaannya pada gambar 6.



Gambar 6. Representasi *Linier Output Crips* Data Uji Ketiga

1.1 Pengujian Akurasi

Berikut hasil pengujian tingkat akurasi dalam memprediksi besar pemakaian tegangan listrik rumah tangga dengan menggunakan data pengujian akurasi dengan menggunakan metode MAPE.

Tabel 8. Pengujian Tingkat Akurasi dari Hasil Prediksi Pertama

Data	Hasil Prediksi	Besar Tegangan	Percentage Error
------	-------------------	-------------------	---------------------

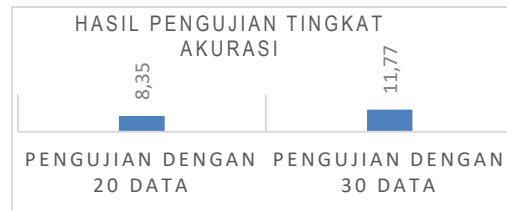
Data Uji ke-1	835,76	450	46,15
Data Uji ke-2	652,84	450	31,07
Data Uji ke-3	662,78	450	32,10
Data Uji ke-4	713,85	450	36,96
Data Uji ke-5	837,26	450	46,25
Data Uji ke-6	910,69	900	1,17
Data Uji ke-7	841,09	900	7,00
Data Uji ke-8	647,33	900	39,03
Data Uji ke-9	662,78	900	35,79
Data Uji ke-10	739,88	900	21,64
Data Uji ke-11	887,5	1300	46,48
Data Uji ke-12	762,36	1300	70,52
Data Uji ke-13	837,26	1300	55,27
Data Uji ke-14	847,42	1300	53,41
Data Uji ke-15	835,97	1300	55,51
Data Uji ke-16	924,98	2200	137,84
Data Uji ke-17	970,59	2200	126,67
Data Uji ke-18	1056,37	2200	108,26
Data Uji ke-19	887,5	2200	147,89
Data Uji ke-20	865,6	2200	154,16
Jumlah percentage error			1253,19
jumlah percentage error / jumlah data			8,35%

Dengan penerapan metode MAPE (*The Mean Absluet Precentage Error*) untuk melakukan pengujian tingkat akurasi dari hasil prediksi dengan 20 data uji maka didapatkan nilai hasil pengujian tingkat akurasi yaitu 8,35%.

Tabel 9. Pengujian Tingkat Akurasi dari Hasil Prediksi Kedua

Data	Hasil Prediksi	Besar Tegangan	Percentage Error
Data Uji ke-1	835,76	450	46,15
Data Uji ke-2	652,84	450	31,07
Data Uji ke-3	662,78	450	32,10
Data Uji ke-4	713,85	450	36,96
Data Uji ke-5	837,26	450	46,25
Data Uji ke-6	910,69	900	1,17
Data Uji ke-7	841,09	900	7,00
Data Uji ke-8	647,33	900	39,03
Data Uji ke-9	662,78	900	35,79
Data Uji ke-10	739,88	900	21,64
Data Uji ke-11	887,5	1300	46,48
Data Uji ke-12	762,36	1300	70,52
Data Uji ke-13	837,26	1300	55,27
Data Uji ke-14	847,42	1300	53,41
Data Uji ke-15	835,97	1300	55,51
Data Uji ke-16	924,98	2200	137,84
Data Uji ke-17	970,59	2200	126,67
Data Uji ke-18	1056,37	2200	108,26
Data Uji ke-19	887,5	2200	147,89
Data Uji ke-20	865,6	2200	154,16
Data Uji ke-21	1031,46	1300	26,03
Data Uji ke-22	935,41	1300	38,98
Data Uji ke-23	887,5	1300	46,48
Data Uji ke-24	773,94	1300	67,97
Data Uji ke-25	735,04	1300	76,86
Data Uji ke-26	837,26	1300	55,27
Data Uji ke-27	995,57	1300	30,58
Data Uji ke-28	846,21	1300	53,63
Data Uji ke-29	923,26	1300	40,81
Data Uji ke-30	740,02	1300	75,67
Jumlah percentage error			1765,46
jumlah percentage error / jumlah data			11,77%

Pengujian tingkat akurasi dari hasil prediksi dengan 30 data uji maka didapatkan nilai hasil pengujian tingkat akurasi yaitu 11,77%.



Gambar 7. Diagram Hasil Pengujian Tingkat Akurasi

Pengujian pertama menggunakan 20 data yang digunakan sebagai data uji dan pengujian kedua digunakan 30 data uji, sehingga didapatkan hasil dari pengujian pertama yaitu 8,35% dan pengujian kedua yaitu 11,77%. Berdasarkan tabel nilai kemampuan model peramalan metode MAPE maka hasil dari implementasi metode *fuzzy tsukamoto* dapat digunakan dalam memprediksi besar pemakaian listrik rumah tangga dengan nilai *percentage* < 20% adalah kemampuan model peramalan baik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, perancangan dan pengujian pada implementasi metode *fuzzy tsukamoto* untuk memprediksi besar pemakaian listrik dengan variabel *input* dan *output* jumlah peralatan elektronik, jumlah titik lampu, lama waktu dirumah dan besar tegangan pemakaian dapat diambil kesimpulan:

1. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terlihat bahwa metode *fuzzy tsukamoto* dapat digunakan untuk memprediksi besar pemakaian listrik rumah tangga dengan data jumlah peralatan elektronik, jumlah titik lampu, lama waktu dirumah dan besar tegangan pemakaian kemudian membagi hasil prediksi besar pemakaian listrik kedalam katagori tinggi, sedang dan rendah untuk pemakaian listrik dari data yang ditentukan, sehingga memberikan informasi yang berguna untuk pihak rumah tangga dan juga pihak penyediaan listrik dari aspek keuntungan dan kerugian.
2. Bahasa pemograman python untuk implementasi metode *fuzzy tsukamoto* juga sangat baik karna memiliki banyak *library* yang dapat digunakan dalam implementasi metode *fuzzy tsukamoto*, dengan Pengujian tingkat akurasi menggunakan metode MAPE (*The Mean Absoluete Percentage Error*), untuk melakukan pengujian tingkat akurasi dari hasil prediksi maka didapatkan nilai hasil pengujian tingkat akurasi yaitu 8,35% yang termasuk dalam katagori sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ministry of Energy and Material Resources. Handbook of energy & economic statistics of Indonesia. Ministry of Energy and Material Resources, Jakarta, Indonesia, 2018, p. 21-40.
- [2] Tempola, dkk. 2022. Rule Formation Application based on C4.5 Algorithm for Household Electricity Usage Prediction. *Trend in Science*, 19(3), pp. 1-8. Doi: <https://doi.org/10.48048/tis.2022.2167>
- [3] U Surahman, J Maknun and E Krisnanto. Survey on household energy consumption of public apartments in Bandung City , Indonesia. In: *Proceedings of the 8 th International Conference on Architecture Research and Design*, Surabaya, Indonesia. 2016, p. 181-7.
- [4] T Kubota, U Surahman and O Higashi. A comparative analysis of household energy consumption in Jakarta and Bandung. In: *Proceedings of the 30 th International Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Ahmedabad, India. 2014, p. 260-7
- [5] S. Sunanto, R. Firdaus, and M. S. Siregar, "Implementasi Logika Fuzzy Mamdani Pada Kendali Suhu dan Kelembaban Ruang Server," *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol)*, vol. 2, no. 2, pp. 128–136, 2021.
- [6] U. Latipah dan Z. Alamsyah. "Implementasi fuzzy mamdani sebagai pendukung keputusan pada sistem monitoring air layak konsumsi" *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol)*, vol. 4, no. 1, pp. 15–24, 2023.
- [7] D. Upuy, A. H. Hiariy. "Comparison Of Sugeno And Mamdani Fuzzy System Performance In Predicting The Amount Of Virgin Coconut Oil (Vco) Production" *JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer)*, 6(3), pp. 209-213.
- [8] M. H. G. D. Herman and D. S. Simatupang, "Sistem monitoring siswa bermasalah berbasis web di smp insan cendekia arrasyid," *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol)*, vol. 3, no. 3, pp. 510–517, 2022.
- [9] Edy Victor Haryanto, F. N. (2015). Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Dalam Memprediksi Tingginya Pemakaian Listrik (Studi Kasus Kelurahan Abc). *Stmik Amikom Yogyakarta, Issn* (3), 115–119.
- [10] A. Kusnandar, "Rancang Sistem Monitoring Air Layak Konsumsi Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Android." University of Technology Yogyakarta, 2019.
- [11] S. Kusumadewi, "